N° 72 juil.-août-sept. 1985, 61-70

COMMENT CONCEPTUALISER L'APPRENTISSAGE

par Christian GEORGE

Après un déclin momentané, l'étude de l'apprentissage suscite un nombre croissant de travaux en psychologie cognitive. Cette résurgence est due à l'élaboration de concepts nouveaux, utilisables non seulement pour analyser les situations de laboratoire mais aussi les situations de « terrain ». Deux questions principales sont envisagées : quelle est la nature des acquisitions qui sous-tendent les progrès constatés, et quels sont les processus ou les mécanismes de l'apprentissage. Pour la première question, on présente plusieurs illustrations de l'intérêt de ces concepts pour analyser les problèmes débattus, notamment à propos des relations entre connaissances déclaratives et connaissances procédurales. Pour la seconde question quelques propositions, encore conjecturales, sont avancées.

Tout enseignant est constamment amené à s'interroger sur les raisons de l'efficacité limitée de son intervention et les modifications à apporter à celle-ci. Afin de disposer d'éléments de réponse, il est nécessaire d'avoir quelques idées sur la nature des changements introduits par l'apprentissage, et sur les mécanismes responsables de ces changements. En pareil cas la démarche qui permet d'éviter les tâtonnements empiriques consiste à s'adresser aux théories de l'apprentissage et du développement cognitif.

Malheureusement, les théories qui ont bénéficié historiquement d'une grande autorité sont aujourd'hui remises en question. On peut rappeler l'abandon quasi général des théories behavioristes de l'apprentissage ; les limites imposées par les présupposés fondamentaux sont devenues si manifestes que la plupart des chercheurs se sont tournés vers d'autres approches, après plusieurs décennies de travaux consacrés à la découverte et à l'affinement des « lois » de l'apprentissage. Par ailleurs la théorie de Piaget, si novatrice que son intérêt déborde largement l'étude de l'enfant, rencontre actuellement deux difficultés principales. La première réside dans la difficulté très variable de tâches pourtant isomorphes du point de vue de leur structure logique. Il en résulte des décalages dans l'âge de la réussite, dont on peut rendre compte partiellement, voire totalement, en adaptant un point de vue non plus structural, mais fonctionnel (par ex., Gillieron, 1976 ; Nguyen-Xuan et Rousseau, 1979). Dès lors le problème du mode de fonctionnement des structures logico-mathématiques attribuées au sujet devient un problème central (Bideaud, 1980 ; Gréco, 1980). On est ainsi conduit soit à compléter l'analyse structurale par une analyse fonctionnelle (Inhelder et Piaget, 1979), soit à substituer complètement la seconde à la première. La deuxième difficulté de la théorie piagétienne réside dans la sous-estimation de l'importance des connaissances relatives à un contenu spécifique, et du rôle de la représentation figurale, dans la construction des fameuses structures opératoires.

Dans ces conditions, et en l'absence provisoire de grandes théories cognitives de l'apprentissage, une étape préliminaire consiste à examiner comment celui-ci est conceptualisé. Par conceptualisation, on entend l'ensemble des présupposés et des concepts élaborés pour se représenter un domaine particulier. Conceptualisation n'est pas synonyme de théorie, car une théorie requiert en outre un ensemble coordonné d'hypothèses sur les mécanismes responsables des phénomènes étudiés. Une théorie présuppose toujours une conceptualisation particulière, tandis qu'une même conceptualisation peut être compatible avec plusieurs théories concurrentes. Ainsi la conceptualisation behavioriste S-R est commune à des théories aussi diverses que celles de Watson, Thorndike, Skinner...

Cet examen est nécessaire parce que la conceptualisation adoptée détermine quels sont les problèmes étudiés, les observations recueillies, les interventions pédagogiques proposées. Notre objectif sera limité, chaque conceptualisation étant considérée principalement comme un instrument plus ou moins efficace pour isoler les obstacles de l'apprentissage et mettre en lumière certains

choix possibles. L'étude sera articulée par rapport à deux grands axes, puisque nous considérons qu'une conceptualisation de l'apprentissage doit se prononcer d'une part sur la nature des acquisitions, d'autre part sur leurs mécanismes ou à défaut sur leurs processus.

I. — CONNAISSANCES DÉCLARATIVES ET CONNAISSANCES PROCÉDURALES

Une première façon de concevoir la nature des acquisitions est de se référer à une distinction entre deux sortes de connaissances fréquemment utilisée en psychologie depuis quelques années. Dans cette perspective, l'apprentissage consiste en l'acquisition de connaissances soit déclaratives, soit procédurales. En première approximation, il s'agit d'une distinction entre savoir et savoir-faire, ou encore entre « savoir que » et « savoir comment ». Les connaissances déclaratives concernent notre environnement physique et social, nous-mêmes compris ; les connaissances procédurales concernent les actions ou opérations qu'un individu peut mettre en œuvre pour atteindre ses finalités. Cette distinction a acquis rapidement une grande audience, d'une part parce qu'elle correspond à une distinction familière entre contenu et méthode, d'autre part parce qu'elle correspond en informatique à la distinction entre base de données et programme de traitement. Elle a beaucoup été étudiée en intelligence artificielle, où selon les modèles c'est tantôt les connaissances déclaratives, tantôt les connaissances procédurales qui sont privilégiées (Winograd, 1975).

1) Les connaissances déclaratives

Différentes suggestions ont été faites pour analyser ces connaissances et envisager leur mode d'organisation dans la mémoire à long terme (ou mémoire permanente) d'un individu. La plus fréquemment utilisée consiste à analyser les connaissances en propositions. Une proposition peut être définie comme la plus petite assertion pouvant être qualifiée de vraie ou de fausse ; des définitions plus techniques peuvent être envisagées, par exemple en prédicat et arguments conformément à l'analyse propositionnelle. Lorsque les connaissances sont analysées en propositions, un mode de représentation souvent utilisé est le **réseau propositionnel** (J.R. Anderson, 1976, 1980 ; Kintsch, 1974 ; Norman et Rumelhart, 1975...). On peut adopter diverses conventions pour construire un réseau. Ainsi dans le réseau dont un fragment est représenté fig. 1, chaque sommet correspond à une classe conceptuelle, les flèches en traits pleins aux relations d'inclusion de classe, les flèches en traits pointillés aux propriétés spécifiques à une classe.

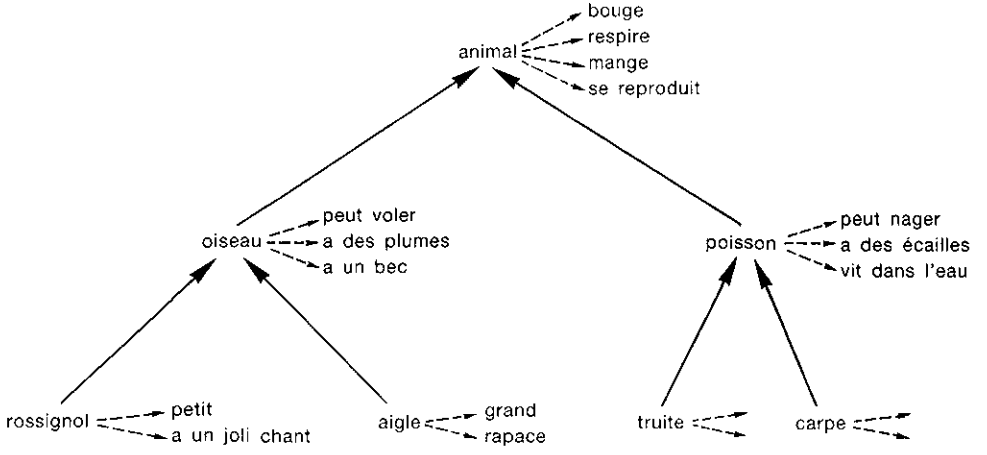

Figure 1

Représentation graphique d'un fragment de réseau propositionnel : les flèches en trait plein correspondent aux relations d'inclusion de classe, les flèches en pointillé aux propriétés caractéristiques d'une classe.

On peut construire des réseaux plus complexes parce que faisant intervenir des types de relation plus nombreux entre les concepts. L'exemple cité est cependant suffisant pour faire apparaître des propriétés intéressantes, notamment les suivantes :

— Le système, homme ou machine, dispose de deux sortes de connaissances déclaratives ; en effet, l'acquisition d'une nouvelle connaissance se traduit par l'adjonction d'une nouvelle proposition, c'est-à-dire d'une flèche entre deux éléments du réseau ; outre ces connaissances

« directes », le système peut accéder à des connaissances « indirectes » potentielles en utilisant les propriétés de certaines relations pour procéder à des inférences, comme la transitivité de la relation d'inclusion. Ainsi le système pourra répondre aux questions « est-ce que le rossignol respire ? », « est-ce que le rossignol nage ? », bien qu'il n'ait stocké aucune proposition attribuant ou refusant ces deux propriétés au rossignol.

— Plus le réseau est structuré, plus les connaissances indirectes sont nombreuses.

Ces remarques font apparaître un choix entre augmenter le nombre de connaissances directes transmises afin de limiter le nombre d'inférences, et la démarche inverse consistant à limiter le nombre de connaissances directes en faisant confiance à la capacité du sujet de procéder à des inférences. Un exemple cocasse est cité par Norman (1982), celui d'un technicien qui rend grâce à la marine de lui avoir enseigné les trois lois fondamentales pour son travail, à savoir :

— le voltage est égal à la résistance multipliée par l'intensité ;

— la résistance est égale au voltage divisé par l'intensité ;

— l'intensité est égale au voltage divisé par la résistance.

Dans cette perspective, le réseau se modifie tout d'abord en s'étendant grâce à l'adjonction de nouvelles propositions ; cela correspond à l'introduction soit de relations nouvelles entre des éléments déjà présents, soit d'un concept nouveau, soit de propriétés nouvelles d'un concept. Mais il peut se modifier aussi autrement si on prête au système la capacité de procéder à des restructurations plus ou moins étendues selon des règles à spécifier. Une forme de restructuration est l'attribution à une classe des propriétés communes à tous les exemplaires connus de cette classe. Une autre forme de restructuration est la subdivision d'une classe en sous-classes.

Les formalismes de ce type présentent des intérêts divers, et en particulier celui de permettre d'identifier à quelles conditions le système peut remplir certaines fonctions, comme répondre aux questions posées, ou intégrer de nouvelles connaissances. Ils présentent aussi des déficiences diverses dès lors qu'on les considère comme des modèles possibles de l'organisation des connaissances humaines en mémoire et qu'on les confronte avec les observations recueillies. A notre avis, la principale déficience est de faire appel à un « format » homogène pour toutes les connaissances déclaratives, c'est-à-dire à un mode de description unique n'admettant que des variations du nombre de relations ou de propriétés associées à un concept. Or les connaissances humaines n'ont pas toutes le même statut selon les domaines, et changent de statut au sein d'un même domaine au cours du développement et de l'apprentissage ; un langage formel permettant de décrire les différents paliers de la construction d'une notion ou d'un domaine de connaissance fait encore défaut. D'autres suggestions sont apparues dans la littérature, souvent articulées autour du concept de **schéma** (Rumelhart et Norman, 1981 ; Schank et Aberson, 1977) ; mais ce qu'on entend par ce terme varie d'un auteur à l'autre et s'avère souvent peu explicite.

2) Les connaissances procédurales

Celles-ci sont également stockées en mémoire à long terme. Elles sont commodément et donc couramment analysées en termes de règles. Ces règles peuvent prendre diverses formes. Certaines règles sont de simples instructions indiquant ce qu'il convient de faire ; elles sont indexées par leur rang dans la suite des instructions, comme dans les algorithmes simples. C'est le rang dans la suite qui spécifie alors à quel moment l'instruction doit être exécutée. D'autres règles sont des règles conditionnelles du type si... alors..., et indiquent sous quelles conditions une action ou opération doit être exécutée. Il existe d'autres formes de règles conditionnelles, comme : si (l'action *x*) alors (la conséquence *y*), ou encore : si (l'action *x*) et si (la situation *s*) alors (la conséquence *y*). Il existe actuellement en psychologie un formalisme très usité, celui des systèmes de production, qui permet d'intégrer des règles complexes, voire des règles permettant d'engendrer d'autres règles (Newel et Simon, 1972 ; pour des exposés récents en français, voir Nguen Xuan, 1982 ; Nguen Xuan *et al.*, 1983). Ce formalisme présente l'avantage d'être très flexible et traduisible en programme informatique, mais il a l'inconvénient de n'être pas d'une lecture aisée.

Il existe bien d'autres distinctions possibles entre les connaissances procédurales qui peuvent s'avérer utiles. Citons notamment le caractère d'être spécifique à un domaine ou non spécifique ; le contenu selon qu'il s'agit de la procédure elle-même ou de procédures annexes de vérification et de diagnostic d'erreurs ; la propriété d'être déductible ou non à partir d'autres connaissances ; la structure interne, modulaire ou linéaire ; la propriété de conduire au but poursuivi si elles sont correctement appliquées, ou de n'être que des heuristiques de recherche. Ces diverses caractéristiques sont évidemment dépendantes du domaine considéré ; ainsi pour la grammaire ou l'orthographe d'une langue les connaissances procédurales ne peuvent avoir le même statut que dans un domaine ayant une forte structure interne comme les mathématiques. Néanmoins à l'intérieur d'un même domaine certaines options sont possibles.

Les formalismes utilisés pour décrire les connaissances procédurales présentent des intérêts et des déficiences analogues à ceux mentionnés précédemment pour les connaissances déclaratives. En particulier la description usuelle par des règles introduit une homogénéité intra et inter-procédures susceptible d'escamoter certaines différences dans leur organisation et leur justification. D'autres démarches ont été proposées, comme les « réseaux de planification » (Vanlehn et Seely Brown, 1980).

3) Problèmes soulevés par cette distinction

Existe-t-il des connaissances qui ont un double statut, à la fois déclaratif et procédural ? Il est facile de découvrir des exemples. Citons notamment la connaissance de la grammaire de la langue qu'on emploie, sous-jacente à la compréhension et à la production du discours mais aussi susceptible d'être communiquée verbalement ; citons encore la connaissance du fonctionnement de notre calculette personnelle, en jeu dans son utilisation mais pouvant aussi être exposée à une personne qui emprunte celle-ci. Ces exemples sont à première vue de nature à compromettre l'intérêt de la distinction déclaratif/procédural, à moins qu'elle ne soit précisée davantage.

On peut envisager plusieurs critères permettant de différencier les connaissances déclaratives et procédurales, malheureusement peu opérationnels. Le premier est l'autonomie par rapport au contexte situationnel et à l'action ; l'évocation des connaissances déclaratives est (relativement) indépendante de la situation, non celle des connaissances procédurales. Ainsi habituellement un homme peut mentionner dans des circonstances très diverses quelles sont les différentes sortes de cravates qu'il a rencontrées ou qu'il possède, mais il a besoin de tenir en main une cravate, voire de la placer autour de son cou ou à celui de son interlocuteur, pour indiquer à un tiers comment faire un nœud de cravate. Un autre critère est la possibilité de segmentation. On peut isoler rapidement l'information recherchée, et mentionner seulement celle-là, dans le domaine déclaratif, par exemple la date de la mort de Henri IV. Par contre dans le second domaine on est souvent obligé de « dérouler » un segment de procédure plus ou moins étendu pour fournir l'indication demandée ; ainsi dans l'apprentissage du piano, un débutant qui a appris à exécuter un morceau par cœur est souvent obligé de repartir plusieurs mesures avant pour rectifier une erreur s'il n'a pas la partition ; et il est souvent incapable de jouer seulement la partie de la main droite, ou celle de la main gauche, alors que l'exécution à deux mains est correcte.

Pour en revenir aux connaissances ayant une face déclarative et une face procédurale, on peut avancer qu'en règle assez générale la première n'est pas la simple traduction de la seconde. Souvent l'explication verbale n'épuise pas ce qui constitue un savoir-faire. Cela est évident dans le domaine sensori-moteur ; il en va de même dans des domaines beaucoup plus dépendants des opérations cognitives, comme les échecs ou la connaissance d'une langue étrangère. Il est toutefois des cas où les connaissances déclaratives suffisent pour générer la conduite correspondante, comme le mode d'emploi d'un appareil nouveau mais appartenant à une classe dont l'usage est familier (radio ou téléviseur par exemple).

Un second problème concerne la transformation d'une connaissance procédurale en connaissance déclarative. Celui-ci est souvent étudié sous la rubrique de la prise de conscience. Celle-ci est loin d'être aisée, comme Piaget (1974) l'a très joliment illustré par ses observations sur la marche à quatre pattes : alors que l'exécution de celle-ci ne soulève aucune difficulté, la plupart des enfants jusqu'à 7-8 ans, voire des enfants plus âgés et des adultes, donnent une réponse erronée lorsqu'on leur demande d'indiquer dans quel ordre ils déplacent leurs quatre membres. Le problème dual de la transformation d'une connaissance déclarative en connaissance procédurale est beaucoup plus important pour la didactique. En pareil cas le novice est obligé d'évoquer mentalement les instructions stockées sous une forme déclarative afin de leur subordonner sa conduite. Pour ce faire, il doit mettre en jeu une **interprétation** des instructions reçues afin de leur faire correspondre une traduction comportementale. L'entraînement permettrait progressivement de ne plus avoir recours à cette interprétation (Anderson *et al.*, 1981 ; Neves et Anderson, 1981). On peut appeler **proceduralisation** le processus par lequel le novice substitue un mode d'élaboration et de contrôle de sa conduite ne nécessitant plus cette activité d'interprétation.

Dans le cadre de l'intelligence artificielle, diverses propositions ont été effectuées pour expliciter ce processus de procéduralisation (Anderson *et al.*, 1981 ; Neves et Anderson, 1981). Elles sont souvent d'un intérêt limité, car elles consistent généralement en nouvelles règles de réécriture à l'intérieur du formalisme utilisé, celui des systèmes de production, comme la condensation de deux productions si... alors... en une seule. Une autre possibilité consiste à envisager la procéduralisation sous la forme d'un **transfert de contrôle** ; en effet au cours de l'exécution le novice reçoit des informations diverses, extéroceptives et proprioceptives, non stipulées dans les instructions. Les régularités présentes dans la succession de ces informations permettraient au novice de les utiliser pour assurer le déroulement de la conduite.

Ces remarques soulèvent le problème du choix entre deux politiques différentes, l'une consistant à introduire au préalable sous forme déclarative des connaissances

afin de susciter l'apprentissage de procédures, l'autre consistant à mettre en jeu immédiatement un entraînement procédural, quitte à expliciter ultérieurement les règles en jeu. Ce problème intervient notamment dans l'enseignement des langues. La réponse n'est pas aisée. L'apprentissage de connaissances sous forme déclarative présente l'avantage d'être souvent plus rapide, et par ailleurs de se prêter mieux à des comparaisons et des remaniements ultérieurs que les procédures ; il a l'inconvénient évident de ne pas se traduire aisément et rapidement en procédures (Winograd, 1975).

Un dernier problème concerne l'extension de la bibliothèque de procédures que l'on souhaite faire acquérir à l'élève. Les situations où il faut mettre en jeu une procédure sont si nombreuses, et par surcroît parfois si inattendues, qu'il est peu raisonnable de vouloir mettre à la disposition de l'élève un grand nombre de procédures prêtes à l'emploi. Il est donc indispensable qu'il sache construire des procédures nouvelles compte tenu de l'objectif momentané. Or on a souvent constaté qu'un élève qui possède en principe toutes les connaissances nécessaires pour résoudre un problème n'est pas *ipso facto* en mesure de le faire. Différentes difficultés peuvent apparaître, et notamment la difficulté d'identifier les connaissances déclaratives et procédurales appropriées. Par ailleurs certaines procédures peuvent non seulement paraître arbitraires, mais leur objectif être lui-même dépourvu de sens selon le statut des connaissances déclaratives correspondantes. Ainsi lorsque la notion de fraction repose seulement sur l'image du partage en plusieurs parts égales, il est possible de concevoir l'addition de deux fractions, mais non leur multiplication.

II. — L'APPROCHE DU FONCTIONNEMENT

Un point de vue complémentaire du précédent consiste à analyser le mode de fonctionnement de l'individu pendant l'exécution d'une tâche. L'analyse du fonctionnement peut être conduite à différents niveaux de finesse, que nous réduirons à deux.

1) La macro-analyse

Dans son principe, elle consiste à stipuler les principales sources d'informations sélectionnées par un individu, et les principales classes de transformations réalisées sur ces informations. Une démarche plus théorique consiste à se référer à un modèle du système humain de traitement de l'information, mentionnant différents composants, ou sous-systèmes spécialisés dans l'accomplissement de certaines fonctions ; on spécifie alors les sous-systèmes mis en jeu et les flux d'information entre sous-systèmes. Les conceptions proposées par un chercheur font intervenir dans des proportions variables des indications obtenues par l'analyse de la conduite des sujets dans la tâche considérée, et des emprunts à des modèles théoriques du système humain de traitement de l'information.

Une illustration de l'intérêt de ce type d'analyse sera empruntée à une étude de Siegler (1976) sur la compréhension du fonctionnement de la balance. La balance utilisée comporte un bras horizontal mobile autour d'un point de fixation central. Quatre tiges sont fixées sur le bras de chaque côté du point d'équilibre à 1, 2, 3 ou 4 unités de distance de celui-ci. Les tiges permettent de suspendre un ou plusieurs disques de forme et de poids identiques. A chaque problème présenté, on bloque le bras afin de suspendre les poids, et le sujet doit prédire de quel côté il penchera lorsqu'il sera libéré. Ce dispositif permet de constituer notamment plusieurs types de problèmes solubles sans calcul arithmétique. Une première expérience permet de constater que les enfants de 5-6 ans ne peuvent résoudre les problèmes simples comportant des poids égaux placés à des distances inégales. Quatre sortes de règles de décision sont invoquées par l'auteur pour rendre compte des résultats, les enfants de 5-6 ans utilisant la règle I, la plus rudimentaire puisqu'elle ne fait intervenir que le poids. Dans la seconde expérience des enfants de 5 et 8 ans qui utilisent seulement la règle I sont soumis à une procédure d'apprentissage dans l'espoir de leur faire acquérir les règles II et III plus évoluées. On n'observe aucun apprentissage dans le groupe des enfants de 5 ans. Pourquoi ?

L'hypothèse de l'auteur est que l'absence d'apprentissage résulte d'un déficit à une étape préliminaire de la séquence du traitement, celle de l'encodage (voir la fig. 2) Encoder consiste à traduire les informations perceptives dans le langage du système de traitement de façon à ce qu'elles puissent être identifiées et manipulées par celui-ci. L'encodage des enfants de 5 ans ne ferait pas intervenir la distance. De ce fait, l'apprentissage serait impossible faute de pouvoir mettre en relation les variations du résultat constaté avec les variations de la distance. Cette hypothèse est testée et confirmée en demandant à l'enfant de reproduire exactement sur une balance mise à sa disposition la configuration des poids réalisée par l'expérimentateur sur une autre balance. Une contre-épreuve de l'hypothèse consiste à entraîner les enfants à encoder la distance, puis à les soumettre à nouveau à l'apprentissage. Avec cette procédure, l'apprentissage permet aux enfants de 5 ans de passer de la règle I à la règle II, et parfois III ; par contre l'entraînement à l'encodage de la distance n'a pas d'effet sur l'apprentissage des enfants de 8 ans, montrant ainsi que pour ceux-ci les obstacles se situent à une autre étape du traitement.

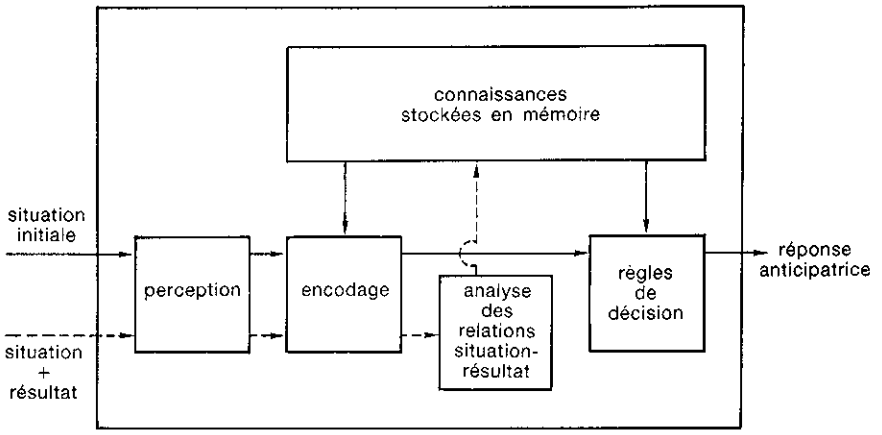

Figure 2

Représentation graphique des principales étapes du traitement de l'information dans l'expérience de Siegler (1976). En trait plein, le circuit informationnel en jeu dans l'élaboration de la réponse ; en trait pointillé, le circuit informationnel en jeu dans l'apprentissage.

Une analyse de ce type même rudimentaire permet d'identifier les changements survenus au cours de l'apprentissage, ou au contraire les obstacles à des changements. Les changements peuvent survenir en différents points du système de traitement ; ils ne concernent donc pas nécessairement l'élaboration et le stockage de nouvelles connaissances dans le sens que l'on donne habituellement à ce terme. Dans les situations de résolution de problème, les changements peuvent concerner la représentation du problème, les stratégies de recherche d'informations perceptives, l'évaluation d'une situation ou d'un résultat, le contrôle de l'exécution, la gestion des informations utiles, les stratégies de recherche d'informations en mémoire...

Les travaux actuels mettent l'accent sur le rôle de la **représentation** du problème (ou **espace-problème**). Schématiquement, la représentation est la reformulation du problème adoptée par le sujet, compte tenu en particulie de sa compréhension de l'énoncé et des connaissances évoquées. Elle est cruciale non seulement pour la résolution du problème, mais aussi pour l'apprentissage, car elle circonscrit l'ensemble des opérations et procédures mises en jeu. Un même problème peut susciter des représentations relevant de domaines de connaissances différents, et éventuellement au sein d'un même domaine, de niveaux d'abstraction et de structuration différents (pour l'arithmétique, voir par exemple Vergnaud, 1982).

Une illustration simple de l'importance de la représentation intervient à propos du problème bien connu des carrés faits avec des allumettes (voir fig. 3). La tâche consiste à changer la position de trois allumettes de façon à avoir quatre carrés au lieu de cinq. La démarche habituelle consiste à imaginer diverses modifications de la configuration ; elle ne suggère pas rapidement la solution. Il en va autrement si on fait un détour par une formulation arithmétique du problème. On note alors qu'un carré ayant quatre côtés, on ne peut construire cinq carrés avec 16 allumettes qu'à la condition que certains aient des côtés communs ; on peut construire quatre carrés avec le même nombre d'allumettes à la condition que ceux-ci n'aient aucun côté commun. La solution est alors rapidement trouvée.

2) La micro-analyse

Elle a été utilisée principalement dans l'étude de la perception et de l'encodage, ou à propos des procédures élaborées par le sujet pour résoudre certaines classes de problèmes (notamment les épreuves étudiées par Piaget et des jeux logiques). Dans le second cas, elle consiste à reconstituer pas à pas la procédure utilisée par le sujet, en faisant l'hypothèse préalable qu'elle obéit à des règles relativement stables même lorsqu'elle est erronée. De fait cette hypothèse est largement valide, et l'analyse fine a fait souvent apparaître une cohérence interne de la conduite par stabilité des règles utilisées, là où les premières observations n'ont discerné que des conduites erratiques. Généralement la procédure du sujet est reconstituée par des opérations élémentaires bien spéci-

fiées, telles que sélection de l'élément ayant la propriété *x*, comparaison des éléments *x* et *y*, inférence par transitivité d'une relation, etc. L'intérêt de la micro-analyse est de bien isoler les difficultés rencontrées par un sujet, compte tenu des instruments cognitifs dont il dispose et des contraintes de la situation.

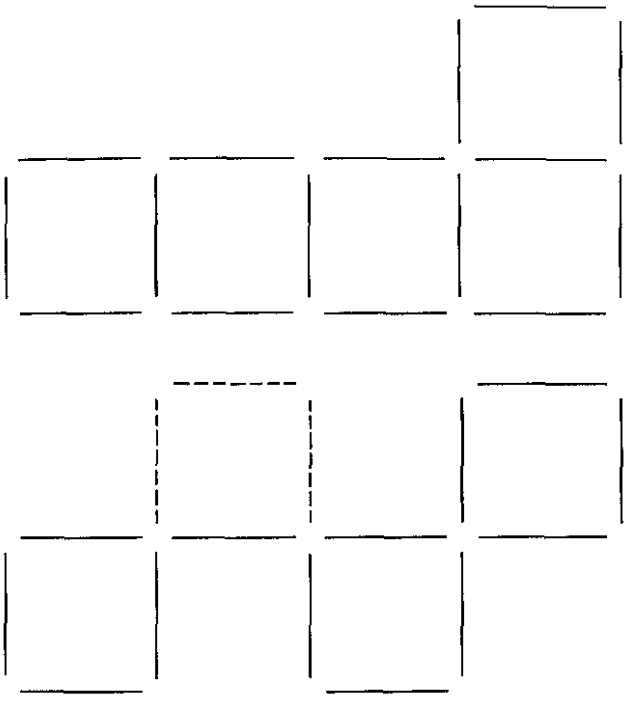

Figure 3

Le problème des carrés représentés avec des allumettes : en haut, la configuration initiale ; en bas, la solution.

Un exemple de cet intérêt est constitué par la sériation. Piaget a constaté que la réussite de la sériation des longueurs est plus précoce que celle de la sériation des poids, avec un décalage d'environ deux ans. Ce décalage, dit horizontal, est gênant dans la théorie de Piaget puisque ces deux épreuves sont supposées relever de la même structure opératoire concrète (le groupement additif des relations), et seraient donc isomorphes. La procédure de sériation décrite par Piaget consiste à prendre le plus grand de tous les objets à sérier, puis le plus grand de tous les objets restants, et ainsi de suite. Or certains auteurs se sont avisés qu'on ne pouvait pas prendre le plus grand de la même façon dans la sériation des longueurs et dans la sériation des poids. En effet dans le cas des poids le plus grand ne peut être identifié qu'à la suite de comparaisons systématiques deux à deux effectuées en utilisant une balance, alors que dans le cas des longueurs l'inspection visuelle peut permettre de découvrir directement la plus grande. Or si on introduit dans l'épreuve de sériation des longueurs la même contrainte que seules des comparaisons deux à deux sont possibles, alors le décalage disparaît (Baylor, Gascon et Lemoyne, 1973 ; Baylor et Lemoyne, 1975). Les travaux ultérieurs ont permis de discerner sept procédures, éventuellement réductibles à quatre méthodes, chez les enfants de 5 à 11 ans, et de formuler des hypothèses sur leur filiation (Botson et Deliège, 1979 ; Gilliéron, 1976 ; Nguyen-Xuan et Rousseau, 1976 ; Retschitzki, 1982).

La micro-analyse est un instrument précieux dans l'étude de l'apprentissage puisqu'elle permet de bien identifier les différences entre deux procédures apparentées, et éventuellement de les hiérarchiser. Elle a été utilisée pour élaborer les interventions de l'expérimentateur dans des apprentissages dirigés en se référant à un modèle de la procédure juste suffisante pour résoudre la tâche. Elle a permis de recueillir des résultats inattendus, par exemple que les progrès de l'élève ne se conforment pas toujours à ce qui a été enseigné (Nguyen-Xuan *et al.*, 1983).

III. — LES PROCESSUS

L'identification des différents processus qui régissent l'apprentissage constitue la deuxième face de la conceptualisation de celui-ci. Par processus on entend, comme *dans d'autres disciplines scientifiques*, une évolution orientée d'un groupe de variables. Nous considérons qu'un processus n'est pas un mécanisme, bien que ces deux *termes soient* souvent employés de façon interchangeable en psychologie. Pour parler de mécanisme, il faut se référer à des agents causaux et préciser comment ils agissent. L'action répétée d'un mécanisme engendre un processus. Ainsi en médecine la prolifération des bacilles de Koch au détriment des cellules du corps est le mécanisme responsable de l'évolution de la tuberculose. L'identification de processus distincts peut constituer une étape préliminaire à une mise en correspondance avec les différentes sortes de changements constatés au cours de l'apprentissage, et à la découverte ultérieure des mécanismes de l'apprentissage.

Nous proposons ci-dessous une liste de processus qui nous paraissent présenter une individualité marquée, compte tenu de nos connaissances actuelles. Cette liste n'est *bien sûr pas limitative ; le regroupement présenté* est de pure commodité, il n'est pas le seul qui se puisse concevoir.

1) Processus relatifs à la connaissance de l'environnement physique et social

— Intégration de patterns similaires d'informations en un prototype ; un prototype est un membre en quelque sorte idéal ou exemplaire d'une catégorie représentatif de l'ensemble des membres de la catégorie (Posner et Keele, 1968 ; Rosch, 1975).

— « Apprentissage de probabilité », qui repose sur une intégration de la fréquence des occurrences de plusieurs événements mutuellement exclusifs en une connaissance de leur « poids » respectif (Estes, 1976).

— Apprentissage des régularités dans la concomitance ou consécution de diverses classes d'événements, dont un exemple est le conditionnement pavlovien.

— Tests d'hypothèses (Richard, 1982).

— Discrimination de l'extension d'une classe conceptuelle.

— Analogie.

2) Processus relatifs aux actions

— Rectification d'une conduite grâce au feedback apporté par ses conséquences (George, 1983).

— Discrimination de l'extension des situations dans lesquelles une conduite est applicable ou efficace.

— Procéduralisation, ou transfert de contrôle.

— Elaboration d'une nouvelle procédure par extensions successives d'une procédure antérieurement acquise.

— Analogie.

3) Processus relatifs à l'apprentissage lui-même (apprendre à apprendre)

— Elaboration et utilisation de connaissances métacognitives, c'est-à-dire relatives au fonctionnement efficace du système de traitement ; par exemple, savoir que la mémorisation est facilitée par la révision mentale ou le recodage.

— Acquisition d'heuristiques.

— Retour en arrière sur sa propre démarche, considérée comme un objet à analyser (à rapprocher de l'autoréflexion de Dorner, 1978 et de l'abstraction réfléchie de Piaget).

Il est vraisemblable que certains processus interviennent à la fois dans les apprentissages de savoirs et de savoir-faire (ainsi l'analogie a été citée à deux reprises). Par ailleurs il est possible que certains processus ne soient que des particularisations de processus plus généraux. Les remarques conduisent à envisager un regroupement des processus de façon à restreindre leur nombre aux plus fondamentaux. Une proposition, encore très conjecturale, serait la suivante :

— Elimination de la variabilité, du « bruit », de façon à isoler le noyau stable de certains patterns d'information.

— Rejet de l'invraisemblance, de la contradiction, à l'intérieur de domaines de connaissances de plus en plus étendus.

— Transferts « horizontaux » inter-domaines : analogies, extension, généralisation...

— Transferts « verticaux » qui en subsumant des notions ou procédures distinctes sous une même rubrique, entraînent une abstraction croissante et engendrent de nouveaux modes de représentation et procédures.

IV. — CONCLUSIONS

Rappelons tout d'abord un résultat encore bien connu, mais qui éclaire les difficultés de toute entreprise didactique : tout apprentissage est tributaire des caractéristiques fonctionnelles du système de traitement, des connaissances antérieures, et des contraintes imposées par la tâche. Les facteurs en interaction sont si nombreux qu'on ne saurait s'étonner des vicissitudes de nos théories. Les progrès se mesurent en toute discipline certes par l'édification de théories de plus en plus puissantes, mais aussi par l'aptitude à apporter des réponses satisfaisantes à un nombre croissant de problèmes. Les sortes de pré-théories que sont les conceptualisations de l'apprentissage évoquées précédemment constituent, malgré leurs imperfections, des instruments utiles pour ces progrès. Deux problèmes déjà anciens nous semblent avoir une grande importance en didactique alors que les réponses sont encore fragmentaires.

Le premier problème concerne l'opposition entre apprentissage spontané et apprentissage dirigé ; le critère habituel de distinction est l'absence ou la présence d'une intervention d'un « expert » (parent, maître, expérimentateur) qui évalue et guide la conduite de celui qui apprend. On constate dans différents secteurs que l'apprentissage spontané aboutit à des connaissances plus stables et généralisables que l'apprentissage dirigé, mais qu'il est plus lent. Cependant il arrive que l'apprentissage spontané soit quasiment impossible, même chez l'adulte, compte tenu des modalités de saisie des informations, notamment dans les situations non déterministes (Brehmer, 1980 ; Einhorn et Hogarth, 1978). La pondération qu'il convient d'accorder à l'activité spontanée de l'élève et à l'intervention de l'expert constitue toujours un sujet de polémique en pédagogie ; mais on peut espérer parvenir progressivement à des choix mieux fondés au fur et à

mesure qu'on parviendra à élucider les différences sous-jacentes aux apprentissages spontanés et dirigés.

Le second problème important concerne l'opposition entre *apprentissage incident et apprentissage auto-régulé*. Dans le premier cas l'individu apprend en quelque sorte « *de surcroît* », *sans l'avoir cherché, au cours d'une activité* momentanée qui a une autre finalité (ou encore, il *apprend quelque chose tout à fait étranger à ce qu'il se* proposait d'apprendre) ; dans le second cas il cherche à *acquérir une compétence particulière et il met en jeu les* moyens jugés efficaces pour cela. L'apprentissage incident *est responsable d'une masse énorme d'acquisitions*, en particulier dans l'enfance pour la langue maternelle, *l'adresse sensori-motrice, les rapports sociaux... Mais il* n'est pas toujours efficace. Ainsi si on demande à un *adulte qui utilise quotidiennement le téléphone d'indiquer* sur le champ quel est le chiffre couplé avec la lettre R, il en est généralement incapable : or il a pourtant « vu » R couplé avec le chiffre 7 des milliers de fois... Le problème est de déterminer sous quelles conditions l'apprentissage incident peut survenir efficacement. On peut relever que de nombreuses pratiques pédagogiques font largement appel à l'apprentissage incident, notamment dans l'apprentissage de la lecture, de l'orthographe, d'une langue étrangère.

Lorsque nous disposerons de réponses satisfaisantes pour ces deux problèmes, nous aurons fait de grands *progrès, tant en ce qui concerne la théorie de l'apprentissage* que nos méthodes didactiques.

Christian GEORGE
professeur à l'Université de Paris VIII

Bibliographie

ANDERSON (J.R.). — **Language, memory, and thought,** Hillsdale, Erlbaum, 1976.

ANDERSON (J.R.), GREENO (J.G.), KLINE (P.J.), NEVES (D.M.). — Acquisition of problem-solving skill, *in* J.R. Anderson (Ed.), **Cognitive skills and their acquisition,** Hillsdale, Erlbaum, 1981.

BAYLOR (G.W.), LEMOYNE (G.). — Experiments in seriation with children-towards an information processing explanation of the horizontal decalage, **Canadian Journal of Behavioral Science,** 1975, 7, 4-27.

BAYLOR (G.W.), GASCON (J.), LEMOYNE (G.). — An information processing model of some seriation task , **The Canadian Psychologist,** 1973, 14, 167-196.

BIDEAUD (J.). — Nombre sériation, inclusion : irrégularité du développement et perspectives de recherche, **Bulletin de Psychologie,** 1980, 33, 659-665.

BOSTON (G.), DELIEGE (M.). — **Au-delà de Piaget : une approche expérimentale de l'opération concrète,** Audenne, Magermans, 1979.

BREHMER (B.). — In one word : not from experience, **Acta Psychologica,** 1980, 45, 223.

DORNER (D.). — Self reflexion and problem, *in* F. Klix (Ed.), **Human and artificial intelligence,** Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaffen, 1978, 101-107.

EINHORN (H.J.), HOGARTH (R.M.). — Confidence in judgment : persistence of the illusion of validity, **Psychological Review,** 1978, 85, 395-416.

ESTES (W.K.). — The cognitive side of probability *learning*, **Psychological Review,** 1976, 83, 37-64.

*GEORGE (C.). — **Apprendre par l'action,** Paris, PUF, 1983.*

GILLIERON (C.). — Le rôle et la situation et de l'objet expérimental *dans l'interprétation des conduites logiques.* Les décalages et la sériation, **Archives de Psychologie,** 1976, 44, monographie n° 3.

GRECO (P.). — Comment ça marche ? Réflexions préliminaires à quelques questions de méthode et aux problèmes dits fonctionnels, **Bulletin de Psychologie,** *1980, 33, 633-636.*

INHELDER (B.), PIAGET (J.). — Procédures et structures, **Archives de Psychologie,** 1979, 47, 165-176.

KINTSCH (W.). — **The representation of meaning in memory,** Hillsdale, Erlbaum, 1974.

*NORMAN (D.A.). — **Learning and memory,** San Francisco, Freeman, 1982.*

NEVES (D.M.), ANDERSON (J.R.). — Knowledge compilation : mechanisms for the automatization of cognitive skills, *in* J.R. Anderson (Ed.), **Cognitive skills and their acquisition,** Hillsdale, Erlbaum, 1981.

NEWELL (A.), SIMON (H.A.). — Human problem solving, New York, Prentice-Hall, 1972.

NGUYEN-HUAN (A.), ROUSSEAU (J.). — Une expérience pilotée par ordinateur *sur la construction de la série,* **Cahiers de Psychologie,** 1976, 19, 87-100.

NGUYEN-XUAN (A.), ROUSSEAU (J.). — La notion d'inclusion : compétence logique et processus de fonctionnement, **L'Année Psychologique,** 1979, 79, 157-180.

NGUYEN-XUAN (A.). — Le système de production, **Revue Française de Pédagogie,** 1982, n° 60, 31-41.

NGUYEN-XUAN (A.), CAUZINILLE (E.), FREY (L.), MATHIEU (J.), ROUSSEAU (J.). — **Fonctionnement cognitif et classification multiple chez l'enfant de 4 à 7 ans,** à paraître dans les Monographies Françaises de Psychologie, Paris, Editions du CNRS, 1983.

NORMAN (D.A.). — **Learning and memory,** San Francisco, Freeman, 1982.

NORMAN (D.A.), RUMELHART (D.E.), and the LNR research group. — **Explorations in cognition,** San Francisco, Freeman, 1975.

PIAGET (J.). — **La prise de conscience,** Paris, PUF, 1974.

POSNER (M.I.), KEELE (S.W.). — On the genesis of asbtract ideas, **Journal of experimental Psychology,** 1968, 77, 353-365.

RETSCHITZKI (J.). — Vers l'explication de la variabilité des stratégies de sériation, **Cahiers de Psychologie cognitive,** 1982, 2, 3-17.

RICHARD (J.F.). — Raisonnement expérimental et test d'hypothèses, préface à : E Cauzinille-Marmèche *et al.*, **Les savants en herbe,** Berne, Peter Lang, 1982.

ROSCH (E.). — Classification d'objets du monde réel : origines et représentations dans la cognition, **Bulletin de Psychologie,** 1976, numéro spécial sur la mémoire sémantique, 242-250.

RUMELHART (D.E.), NORMAN (D.A.). — Analogical processes in Learning, *in* J.R. Anderson (ed.), **Cognitive skills and their acquisition,** Hillsdale, Erlbaum, 1981.

SIEGLER (R.S.). — Three aspects of cognitive development, **Cognitive Psychology,** 1976, 8, 481-520.

VANLEHN (K.), SEELY BROWN (J.). — Planning nets : a representation for formalizing analogies and semantic models of procedural skills, *in* R.E. Snow, P.A. Federico and W.E. Montague (Eds.), **Aptitude, Learning and instruction,** Hillsdale, Erlbaum, 1980, volume 2, 95-138.

VERGNAUD (G.). — **L'enfant, la mathématique et la réalité,** Berne, Peter Lang, 1981.

WINOGRAD (T.W.). — Frame representations and the declarative-procedural controversy, *in* D.G. Bobrow et A. Collins (Eds.), **Representation and understanding : studies in cognitive science,** New York, Academic, 1975.